KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.
Vol. 18, *No.* 4 (1986)

Ethylene Oxide 처리와 감마선 조사가 고추 및 후추가루의 품질에 미치는 영향

조한옥 · 권중호 · 변명우 · 김영재* · 양재승

한국에너지연구소 식품조사연구실 · * 세종대학 가정학과

Effects of Ethylene Oxide Fumigation and Gamma Irradiation on the Quality of Ground Red and Black Peppers

Han-Ok Cho, Joong-Ho Kwon, Myung-Woo Byun, Young-Jae Kim* and Jae-Seung Yang

Division of Food Irradiation, Korea Advanced Energy Research Institute
** Sejong University, Seoul*

Abstract

Ethylene oxide (E.O) fumigation and gamma irradiation were applied to comparative researches on the sterilizing effect and physicochemical quality of gound red and black peppers. The microorganisms contaminated in the sample, including total bacteria, aerobic spores, acid tolerant bacteria, fungi, osmophilic molds and coliforms were sterilized with irradiation doses of 7-10 kGy, while E.O fumigation in a commonly used condition proved insufficient for the destruction of them. Both treatments affected more or less chemical components of the sample, such as pungent principle, pigment, essential oils and volatile flavors, but the gamma irradiation at the doses for radurization and radicidation was shown to be safer than E.O fumigation.

서 론

생활 수준의 향상과 식품 소비 패턴의 변화로 가공식품에 대한 수요와 다양화가 요구되었고, 최근에는 식생활의 간편화와 합리화에 따라 convenience food와 fast food 의 대량 생산이 확대되고 있다.

향신료는 식품공업의 가공 원료로서 그 사용량은 매년 증가되고 있으며 원료 품질의 균일화와 위생적인 원료의 년중 안정 공급은 식품 가공의 필수적인 요건이 되고 있다. 특히 수입품 및 국내 생산품으로 충당되고 있는 향신료는 대부분 미생물의 오염이 심하여 제품의 부패 유기체가 되므로 살균 처리를 필수적으로 요하게 된다.[1,2]

향신료의 살균 방법으로서는 가열 살균, 자외선 조사, microwave 처리, 훈증제 처리 등이 대부분 이용되고 있으나 살균 효과의 불충분, 고온에 의한 풍미 및 외관 변화, 응결 현상, 재포장에 따른 2차 오염 가능성, 약제성분의 잔류 등 많은 문제점을 내포하고 있다.[3,4] 이상의 살균 방법중 국내에서 상업적으로 가장 많이 이용되고 있는 방법은 훈증 처리(ethylene oxide 등의 화학약품)인데, 이 방법은 살균 조작이 복잡하고 가스의 침투성이 나쁘며 향신료 고유의 풍미 및 색택에 나쁜 영향을 미칠 뿐만 아니라 유해 성분의 생성 가능성이 높아 선진국에서는 점차 사용이 금지되고 있다.[5,6]

따라서 향신료 살균의 효과적인 대체 방법으로서 방사선의 이용이 다양하게 연구되고 있으며,[7,8] 최근에는 미국, 네덜란드 등 세계 여러 나라에서 그 경제성과 안전성을 공인하여 산업적으로 살균 처리를 하고 있다.[9]

본 연구는 식품에 대한 방사선의 응용 분야중 전 세계적으로 가장 활발하게 이용되고 있는 향신료의 방사선 살균 기술을 국내에 조속히 실용화할 목적으로 향신료 중 고추, 후추가루를 대상으로 하여 현행 방법인 ethylene oxide(E.O) 처리와 방사선 照射방법의 시료에 대한 살균 효과와 이화학적 품질에 미치는 영향을 비교 검토하였다.

재료 및 방법

시료

본 실험에 사용된 고추 시료는 S 농수산(주)으로 부터 분말 상태로 가공된 것을, 후추시료는 미국 Griffith Co.에서 분말로 가공한 것을 T 상사(주)를 경유하여 각각 20*kg* 씩 구입한 뒤 20μm nylon/60μm polyethylene 포장 재료를 사용하여 무균적으로 소포장

한 뒤 살균 처리를 하였다.

살균 처리

포장된 시료의 방사선 처리는 Co-60감마선 照射시설을 이용하여 실온에서 시간당 300Gy의 선량율로 5, 7, 10kGy를 각각 照射시켰으며, E.O. 훈증처리는 전문업체 (T가스화학(주))에 의뢰하여 실시하였다. 이 때 처리조건은 시료의 포장을 개봉하여 ethylene oxide와 CO_2를 30 : 70(W/W)의 혼합비로 50—55℃의 온도와 30—35%의 상대 습도, 0.6—1.0kg/cm^2 G의 가스압력 및 1.77kg/m^3의 가스 밀도로 8시간 동안 살균 처리한 뒤 수회 탈기하여 무균실에서 재포장한 다음 무처리구 및 방사선 조사 시료와 함께 실온에 저장하면서 실험에 사용하였다.

미생물 검사

중온성 호기성 전세균은 APHA 표준 방법[10]에 따라 TGY agar를 사용하여 30℃에서 배양하였고, 중온 호기성 포자균은 시료 현탁액 10ml를 살균된 시험관에 옮겨 80℃의 수욕상에서 10분간 가열 처리하여 냉각시킨 다음 TGY agar를 사용, 상기와 동일한 방법으로 측정하였으며[11], 산저항성 세균은 tomato juice agar(Difco, Lab.)를 사용하여 plate method로 계수하였다.[11] 곰팡이류 (fungi)는 MYG-chloramphenicol agar를, 내삼투압성 곰팡이는 15%—NaCl-malt agar를 사용하여 30℃에서 3—5일간 배양한 후 계수하였고,[12] 대장균군은 desoxycholate agar(Difco, Lab.)를 사용한 plate method로 37℃에서 1—2 일간 배양하여 형성된 적색의 집락을 계수하였다.[13]

Capsaicin의 정량

고추의 신미 성분으로서 capsaicin의 함량은 Trejo-Gonzalaz & Wild-Altamirano의 방법의[14] 준하여 281nm에서의 최대 흡광치로 나타내었다.

Capsanthin의 정량

고추의 적색소인 capsanthin의 함량은 Chen & Gutmanis의 방법[15]에 따라 bcetone 용해성 색소를 추출하여 470nm에서 최대 흡광치를 측정하였다.

Piperine의 정량

후추의 신미 성분의 주성분인 piperine의 함량은 Lee의 방법[16]의 의하여 580nm에서 비색 정량하였다.

휘발성 정유 성분의 측정

후추가루의 휘발성 정유 성분은 Bp 추출 장치[17]를 이용하여 측정한 뒤 시료중의 함량을 %로 나타내었다.

Flavor 측정

고추 및 후추가루의 풍미 성분을 용매 추출법에 의하여 추출하고 gas liquid chromatography (GLC)를 이용하여 측정하였다. 즉 시료 10g에 diethyl ether (spectro grade) 50ml와 무수황산나트륨 5g을 가하여 ice bath 상에서 2시간 동안 진탕 추출한 다음, 여과하고 30℃ 이하에서 감압 농축하였다. 농축액(1ml)은 −20℃로 유지된 vial에 packing 하여 곧 GLC에 주입하였으며, 본 실험에서는 처리구간의 비교를 위하여 주성분이라고 생각되는 주 peak 들의 면적만을 구하였다. 이때 사용된 column은 chromosorb W AW (60—80 mesh)에 15% carbowax 20M이 입혀진 물질을 충전시킨 glass column (8$ft \times 2mm$)이었고, column의 온도는 160℃에서 분당 8℃씩 상승시켰으며 injector와 detector의 온도는 각각 250℃와 270℃로 하여 3 반복으로 실험하였다.

색도 측정

시료의 색도는 살균 처리 분말 자체를 사용하여 Hunter's color difference meter (Model D25—9)에 의해 명도 (L값), 적색도(a값), 황색도(b값)를 각각 3 반복으로 측정하였다.

결과 및 고찰

미생물 살균 효과 비교

고추 및 후추가루에 오염된 미생물의 살균 방법에 따른 처리 효과를 비교해 본 결과는 Table 1, 2와 같다. 먼저 고추가루의 경우 전세균, 내열성 포자균 및 산저항성 세균이 각각 $3.43\times10^6/g$ $8.10\times10^5/g$ 및 $7.60\times10^5/g$ 수준이었으나 10 kGy 조사로서, 곰팡이와 대장균군은 $5.50\times10^4/g$ 및 $1.60\times10^4/g$이었으나 5—7 kGy 조사로서 각각 사멸이 가능하였으나 E.O. 처리구에서는 살균 효과가 완전하지 못하였다.

한편 후추가루의 경우에도 오염 정도는 고추가루 시료와 유사하였으나 대장균군은 검출되지 않은 반면 내삼투압성 곰팡이가 $1.00\times10^3/g$으로 나타났으며, 살균에 필요한 선량은 7—10 kGy 조사로서 충분하였으나 E.O. 처리구에서는 역시 효과가 불완전하였다. 두 시료에 있어서 저장 3개월 후의 미생물 생육 정도는 거의 변화가 없었다. 이상의 결과를 향신료의 일반적 오염 허용치인 $10^3/g$[12]에 기준하여 본다면 두 시료 모두 현

Table 1. The comparative effect of gamma irradiation and ethylene oxide (E.O) fumigation on the microflora of red pepper powder

Treatments	Number of microorganisms per gram				
	Total count	Aerobic spores	Acid tolerant bacteria	Fungi	Coliform group
Control	3.43×10^6	8.10×10^5	7.60×10^5	5.50×10^4	1.60×10^4
5 kGy[a]	2.80×10^4	2.60×10^2	3.20×10^3	8.00×10	0.0
7 kGy	3.25×10^2	0.0	2.40×10	0.0	0.0
10 kGy	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
E.O.[b]	1.00×10^3	3.00×10	0.0	2.60×10	0.0

[a] The unit used to measure absorbed dose of radiation and 1 kGy is equivalent to 100 krad
[b] Treatment conditions are given in the text

Table 2. The comparative effect of gamma irradiation and ethylene oxide (E.O) fumigation on the microflora of black pepper powder

Treatments	Number of microorganisms per gram				
	Total count	Aerobic spores	Acid tolerant bacteria	Fungi	Coliform group
Control	3.25×10^6	6.00×10^5	5.50×10^5	2.00×10^4	1.00×10^3
5 kGy[a]	3.80×10^4	2.20×10^3	2.50×10^2	2.50×10^2	0.0
7 kGy	<10	0.0	0.0	3.00×10	0.0
10 kGy	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
E.O.[b]	8.00×10^2	2.00×10	0.0	7.50×10^2	0.0

[a] The unit used to measure absorbed dose of radiation and 1 kGy is equivalent to 100 krad
[b] Treatment conditions are given in the text

행 방법인 E.O. 처리와 7 kGy의 감마선으로서 효과가 달성되었으므로 이들 살균 방법이 시료의 이화학적 특성에 어떠한 영향을 미치는 지를 조사해 보았다.

고추가루의 capsaicin 함량

살균 효과를 위한 감마선 照射와 E.O. 처리가 고추가루의 신미 성분에 미치는 영향을 조사해 본 결과, Fig. 1에 나타난 바와 같이 capsaicin 의 함량을 흡광도로 표시하였기 때문에 절대량은 알 수 없으나 照射線量의 증가와 E.O. 처리로서 조금 낮은 값을 보였다. 고추의 capsaicinoids 는 46—77% 의 capsaicin 과 21—40% 의 dihydrocapsaicin, 2—12% 의 nor-dihydrocapsaicin 및 5% 미만의 기타 성분으로 구성되어 있으며, 시료중의 함량은 품종의 차이[18]와 분말의 경우 제분에 의한 파괴 및 가공중 capsaicin 의 함량이 높은 태좌 부분의 제거와 고추씨의 함유 정도에 따른 영향도 큰 것으로 보고되고 있다.[19,20] 분말 및 통고추의 살균 및 저장을 위한 방사선 照射나 훈증 처리 효과에 대한 연구는 거의 수행된 바 없으나 이등[21]은 고추가루의 저장을 목적으로 고선량의 감마선을 照射하였을

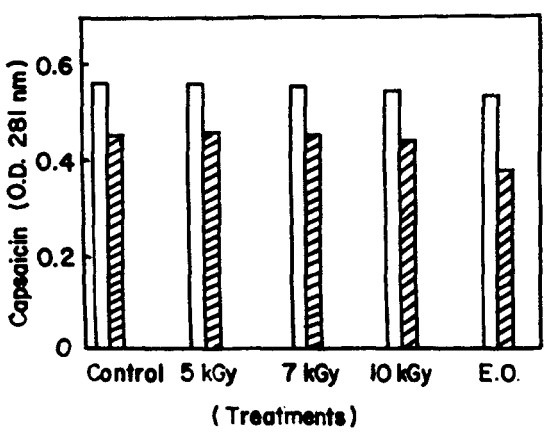

Fig. 1. Effect of gamma irradiation and ethylene oxide (E.O) fumigation on the capsaicin content of red pepper powder

□ : Immediately after treatment
▨ : After 3 months of storage
The value is the mean of triplicate experiments, kGy is a unit used to measure absorbed dose of radiation and E.O treatment conditions are given in the text.

때 capsaicin 의 함량은 약간 감소되었다고 밝힌 바 있어 본 실험의 결과와 유사한 경향임을 알 수 있었고, Farkas 등[7]은 paprika 의 capsaicin 은 16 kGy 의 방사선에 의해서도 비교적 안정하였다고 보고하여 본 실험에서 살균선량으로 확인된 7—10 kGy 의 감마선 照射는 시료의 capsaicin 에 비교적 안전한 선량이며, 특히 저장 기간이 경과됨에 따라서 E.O. 처리에 비해 영향이 작은 것으로 나타났다.

고추가루의 capsanthin 함량

고추가루의 품질은 신미 성분 외에도 외관 즉, 적색소의 함량에 따라 주로 평가되고 있으며, Fig. 2 는 시료의 살균을 위한 감마선 照射와 E.O. 처리가 capsanthin 의 함량에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

살균 처리후 capsanthin 의 함량은 照射線量의 증가와 E.O. 처리로 다소 감소되었고 저장 3개월 후에는 전반적으로 함량이 낮아졌으나 유사한 경향이었으며, 대부분 건조, 가공 및 저장중 여러 가지 요인에 의하여 색소의 변화와 손실이 발생되는 것으로 보고되고 있다.[22,23] *Capsicum* species 의 색소에 대한 방사선의 영향에서 이등[21]은 고추가루에 10 kGy 의 감마선을 照射하였을 때 capsanthin 의 함량은 거의 변화되지 않았으며, Farkas 등[7,24]도 red pepper 및 ground paprika의 carotenoid 계 색소는 시료의 살균선량에서는 비교적 안정하다고 각각 보고한 바 있어 본 실험의 결과와 일치하였다. 따라서 고추시료의 색소에 대한 본 실험의 결과와 색소 보존에 관련된 타 연구 내용을 고려해 볼 때 capsanthin 은 살균 목적의 방사선이나 E.O. 처리에 비교적 안정하였으므로 저장중 외적 요인에 의한 색소의 손실과 변화를 효과적으로 방지할 수 있는 방법의 개선이 중요하다고 생각된다.

후추가루의 piperine 함량

후추의 신미 성분은 alkaloid 성의 piperine 과 그의 이성체인 chavicine 으로 알려져 있으며, Grewe[25]에 의하면 이들 piperine 이성체들 간의 상대적 pungency 는 trans-trans 형의 piperine 이 5, cis-trans 형의 isopiperine 이 1, trans-cis 형의 isochavicine 이 1, cis-cis 형의 chavicine 이 2로 밝혀지고 있다. Fig. 3 은 살균 처리가 시료의 piperine 함량에 미치는 영향을 나타낸 것으로서 3개월 저장후 함량이 10—15% 정도 감소되었으나 방사선 조사와 E.O. 처리에 따라 유의적인 차이가 없었다. Josimovic[26]은 후추의 신미 성분인 piperine 은 방사선에 대한 저항성이 매우 커서 10 kGy 照射로도 안정하다고 하였으며, 건조, 가공, 및 저장 기간중의 함량 감소는 신미 성분 자체의 파괴 및 분해는 물론, 신미성이 강한 piperine 이 신미성이 약한 이성체들로 전환됨에 따라 후추 고유의 품질이 저하된다고 밝힌 바 있다.

휘발성 정유 성분의 함량

정유는 식물체의 독특한 방향을 내는 휘발성 유상물질로서 후추에 1.5% 내외로 함유되어 있으며, sesquiterpene 이 주성분을 이루고 있다. Table 3 은

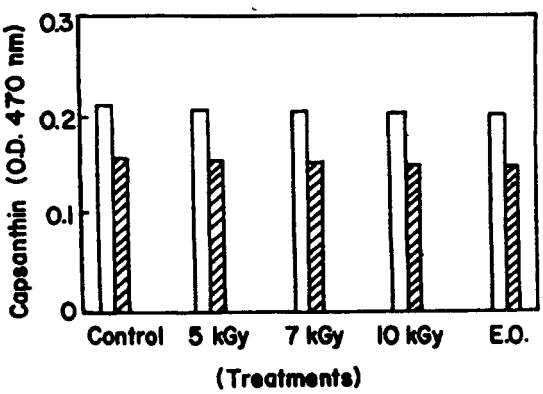

Fig. 2. Effect of gamma irradiation and ethylene oxide (E.O) fumigation on the acetone soluble pigment of red pepper powder

□ : Immediately after irradiation
▨ : After 3 months of storage
The value is the mean of triplicate experiments, kGy is a unit used to measure absorbed dose of radiation and E.O treatment conditions are given in the text.

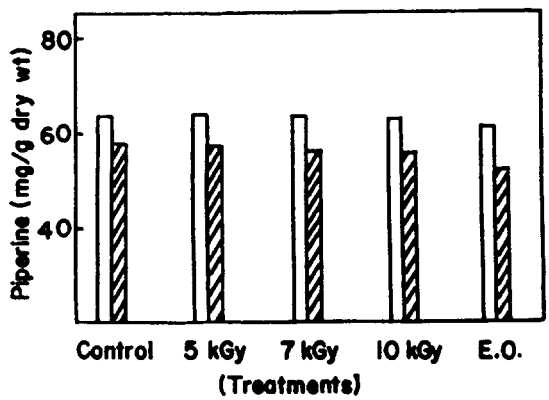

Fig. 3. Effect of gamma irradiation and ethylene oxide (E.O) fumigation on the piperine content of black pepper powder

□ : Immediately after irradiation
▨ : After 3 months of storage
The value is the mean of triplicate experiments, kGy is a unit used to measure absorbed dose of radiation and E.O treatment conditions are given in the text.

Table 3. Effect of gamma irradiation and ethylene oxide (E.O) fumigation on the essential oil content of black pepper powder[a]

Storage period (month)	Treatments				
	Control	5 kGy[c]	7 kGy	10 kGy	E.O.[d]
0	1.58 (100)[b]	1.48 (93.7)	1.43 (90.5)	1.38 (87.3)	1.30 (82.3)
3	1.47 (93.0)	1.42 (89.9)	1.40 (88.6)	1.31 (82.9)	1.21 (76.6)

[a] Essential oil content is expressed as the percentage of samples on the basis of dry weight. and each value is the mean of triplicate experiments.
[b] Number in parenthesis designates the relative content (%)
[c] The unit used to measure absorbed dose of radiation and 1 kGy is equivalent to 100 krad
[d] Treatment conditions are given in the text

후추시료의 휘발성 정유 성분에 대한 감마선 조사와 E. O. 처리의 영향을 비교한 것으로서 살균직후 감마선 조사구는 대조구에 비해 7~13%, E.O. 처리구는 약 18% 감소되었고 저장 3개월 후에는 대체적으로 함량이 감소되었으나 E.O. 처리구가 더욱 현저하였다. Vajdi & Pereira[3]는 몇 가지 향신료의 살균 방법에 따른 비교 연구에서 시료의 휘발성 및 비휘발성 성분은 훈증제 처리에 의해 상당히 감소되었으나 감마선 조사구는 비교적 안정하였다고 하였으며, Bachman 등[27]은 향신료의 품질에 영향을 미치는 방사선량은 15 kGy 이상이라고 보고한 바 있다. 따라서 본 실험에서 후추시료의 살균선량으로 나타난 7 kGy 범위에서의 정유 성분 변화는 시료의 관능적인 품질에 영향을 주지 않을 것으로 보이며, 특히 E.O. 처리에 비교한다면 매우 안전한 것으로 평가되었다.

Flavor 에 대한 영향

향신료의 살균을 위한 감마선 (10 kGy) 과 E.O. 처리가 시료의 전반적인 flavor 에는 어떠한 영향을 미치는 지 알아 보았다. 본 실험에서 용매에 의하여 추출된 각 성분의 동정과 정량은 시도되지 않았으나 flavor 의 주성분이라고 생각되는 주 peak 들의 변화 양상을 대조구를 기준으로 하여 평가해 보았다. Table 4에서와 같이 고추가루는 3개, 후추가루는 7개의 주된 peak 를 얻을 수 있었으며 전반적으로 살균 처리에 따라 peak 면적이 감소되었다. 즉, 두 시료에서 유사한 경향을 보여 감마선 조사구는 대조구에 비해 약 10%, E. O. 처리구는 15% 정도 감소되었음을 알 수 있었다.

Table 4. Effect of gamma irradiation and ethylene oxide (E.O) fumigation on the ether extracts of red and black pepper powders

Main peak No.	Relative peak area (%)[a]					
	Control		Irradiation[b]		E.O.[c]	
	Red P.	Black P.	Red P.	Balck P.	Red P.	Black P.
1	100	100	92.4	98.2	88.7	94.7
2	100	100	87.6	87.8	79.6	84.2
3	100	100	89.0	95.3	84.2	90.0
4	—	100	—	92.7	—	93.6
5	—	100	—	93.1	—	88.5
6	—	100	—	78.5	—	82.7
7	—	100	—	82.0	—	77.9
Total mean	100	100	89.7	89.6	84.2	87.4

[a] Relative number is expressed against the control sample and each value is the mean of triplicate experiments
[b] 10 kGy
[c] Treatment conditions are given in the text

고추의 flavor 에 대한 연구는 거의 수행되지 않았으나 Hartman[28]은 ground red pepper 의 ethyl acetate 추출액에서 부터 capsaicin 과 그의 trimethylsilyl (TMS) 유도체인 vanillyl N-nonoylamide 과 vanillyl N-decoylamide 의 뚜렷한 peak 를 확인한 바 있다. 또한 후추의 volatile flavor 에 대한 연구는 비교적 많이 수행되었는데 Richard 등[29]은 17종의 후추를 대상으로 하여 pentane-ether 추출액을 GLC 로 분석해 본 결과 monoterpene hydrocarbon fraction 은 β —phellandrene limonene 과 β —및 α —pinene 이 주요 구성 성분이었고, sesquiterpene hydrocarbon fraction 의 경우에는 β —caryophyllene 이 50% 이상을 차지하고 그 밖에 α —cubebene 과 humulene 등이 소량씩 존재하였다고 보고한 바 있지만 이들 성분에 대한 감마선이나 E.O. 처리의 영향은 거의 검토된 바 없다. 이상의 GLC 분석 결과를 고려해 볼 때 정확한 결론은 어렵지만 본 실험에서 적정 살균선량 범위로 확인된 7—10 kGy 미만의 감마선 조사는 현재 주로 이용되고 있는 E.O. 처리보다 시료에 미치는 영향이 작았으며, 이와 같은 결과는 여러 가지 향신료에 대한 살균 방법의 비교 실험에서 계속 인정되고 있을 뿐만 아니라 감균 및 살균선량에서의 풍미 변화는 이들 시료를 혼합 향신료로 이용하였을 때 최종 제품의 품질에는 영향을 미치지 않는 것으로 확인한 바 있다.[30]

향신료의 색도

본 실험에 사용된 시료의 살균 방법에 따른 색도 변화를 명도(L 값), 적색도(a 값) 및 황색도 (b 값)로 구분하여 측정해 본 결과는 Table 5 에 나타난 바와 같이 照射線量의 증가와 E.O. 처리로서 다소 변화하였으나 시료 자체의 색택이 짙어 대조구와 처리구간에 유의적 차이가 인정되지 않았다. 일반적으로 고선량의 감마선 조사나 훈증제 처리는 향신료의 명도를 저하시키거나 황색도를 증가시키는 것으로 알려져 있다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 7—10 kGy 미만의 감마선 조사는 고추 및 후추가루의 감균 혹은 살균 효과에 있어서 현재 주로 이용되고 있는 훈증제 (E.O. 가스) 처리보다 우수하였고, 제품의 향신 성분 등 이화학적 품질에 대해서도 비교적 안전한 것으로 확인되었다. 따라서 선진국에서 점차 사용이 금지되고 있는 화학 훈증제의 살균 효과에 대한 문제점과 식품 성분에 대한 악영향 등을 감안하여 볼 때 방사선조사의 효과적인 이용은 가장 현실적인 대체 방안이 될 것으로 사료된다.

요 약

향신료에 오염된 미생물의 효과적인 살균 방법 개발을 목적으로 고추 및 후추가루를 시료로 하여 현행 방법인 ethylene oxide 훈증 처리와 감마선 조사에 따른 미생물의 살균 효과 및 이화학적 품질에 미치는 영향을 비교 검토하였다. 시료에 오염된 일반 세균, 내열성 포자균, 산저항성 세균, 곰팡이 및 내삼투압성 곰팡이와 대장균군은 7—10 kGy 의 감마선 조사로서 사멸이 가능하였으나 훈증 처리구는 살균 효과가 다소 불충분하였다. 살균 처리는 시료의 이화학적 특성 즉, 향신성분, 색소, 정유 성분, 색도 등에 어느 정도 변화를 초래하였지만 훈증 처리는 감균 및 살균선량의 감마선 조사보다 영향이 큰 것으로 확인되었다.

Table 5. Hunter's color values of red and black pepper powders treated with gamma radiation and ethylene oxide (E.O.)[a]

Treatments	L[b]		a[b]		b[b]	
	Red P.	Black P.	Red P.	Black P.	Red P.	Black P.
Control	33.11	38.82	22.12	2.42	18.61	20.75
5 kGy[c]	33.54	38.46	21.97	2.37	18.61	20.81
7 kGy	33.76	38.94	21.73	2.31	18.68	20.73
10 kGy	33.66	38.42	21.57	2.36	18.58	20.80
E.O.[d]	33.24	38.44	21.37	2.25	18.19	21.25

[a] Each value is the mean of triplicate experiments
[b] L : Degree of lightness (white +100 ↔ 0 black)
a : Degree of redness (red +100 ↔ 0 ↔ −80 green)
b : Degree of yellowness (yellow +70 ↔ 0 ↔ −80 blue)
[c] The unit used to measure absorbed dose of radiation and 1 kGy is equivalent to 100 krad
[d] Treatment conditions are given in the text

문 헌

1. 변명우 : 한국식품과학회지, **17,** 311 (1985)
2. 권중호, 변명우, 조한욱 : 한국영양식량학회지, **13,** 188 (1984)
3. Vajdi, M. and Pereira, R.R.: *J. Food Sci.*, **38,** 893 (1973)
4. Goldblith, S.A. and Wang, D.I.C.: *Appl. Microbiol.*, **15,** 1371 (1967)
5. Department of Health and Human Services & FDA: *Federal Register,* **46,** 18992, March 27 (1981)
6. Wetzel, K., Huebner, G. and Baer, M.: *IAEA/FAO International Symposium on Food Irradiation Processing,* Washington, D.C., U.S.A., 4-8 March, p. 13 (1985)
7. Farkas, J., Beczner, J. and Incze, K.: *Radiation Preservation of Food, IAEA-SM-166/66,* p. 389 (1973)
8. Kiss, I., Zachariev, G. and Farkas, J.: *Food Preservation by Irradiation,* **Vol. 1. IAEA-SM-221/24,** p. 263 (1978)
9. 武久正昭 : 原子力工業, 日本, **31,** 17 (1985)
10. American Public Health Association: *Standard Method for the Examination of Dairy Products,* **14th ed.,** New York (1978)
11. Frazier, W.C. and Foster, E.M.: *Laboratory Manual for Food Microbiology,* **3rd ed.,** Burgess Publishing Company, U.S.A. (1961)
12. Ito, H., Watanabe, H., Bagiawati, S., Muhamad, L.J. and Tamura, N.: **IAEA-SM-271,** p. 110 (1985)
13. 서울특별시 보건연구소 : 병원 미생물 검사요원 교재, p.18 (1976)
14. Trejo-Gonzalez, A. and Wild-Altamirano, C.: *J. Food Sci.*, **38,** 342 (1973)
15. Chen, S.L. and Gutmanis, F.: *J. Food Sci.*, **33,** 274 (1968)
16. Lee, L.A.: *Anal. Chem.*, **38,** 1621 (1956)
17. Pearson, D.: *The Chemical Analysis of Foods,* Churchill Livingstorne, **7th ed.,** p. 289 (1976)
18. Masada, Y., Hashimoto, K., Inoue, I. and Suzuki, M.: *J. Food Sci.*, **36,** 858 (1971)
19. Kim, K.H. and Chun, J.K.: *Korean J. Food Sci. Technol.*, **7,** 69 (1975)
20. Lee, S.W.: *J. korean Agr. Chem. Soc.*, **14,** 157 (1971).
21. 이정혜, 최언호, 김형수, 이서래 : 한국식품과학회지, **9,** 199 (1977)
22. Lease, J.G. and Lease, E.J.: *Food Technol.*, **10,** 368 (1956)
23. Lease, J.G. and Lease, E.J.: *Food Technol.*, **16,** 104 (1962)
24. Farkas, J., Kiss, I. and Andrassy, E.: *Food Irradiation,* **IAEA-SM-73/60,** p. 601 (1966)
25. Grewe, G.: *Chem. Ber.*, **103,** 1352 (1979)
26. Josimovic, L.: *Int. J. Appl. Radiat. Isot.*, **34,** 787 (1983)
27. Bachman, S., Witrowski, S. and Zegota, A.: *Food Preservation by Irradiation,* **Vol. 1, IAEA-SM-221/70,** p. 435 (1978)
28. Hartman, K.T.: *J. Food Sci.*, **35,** 543 (1970)
29. Richard, H.M., Russell, G.F. and Jennings, W.G.: *J. Chromatog. Sci.*, **9,** 560 (1971)
30. 조현욱, 권중호, 변명우, 양재승, 이재원, 김영재: 한국에너지연구소, KAERI/RR-480/85, p.88 (1985)
31. 권중호, 변명우, 조한욱 : 한국식품과학회지, **16,** 139 (1984)

(1986년 5월 29일 접수)